

The Regulation of the Potential Risks to Nanotechnology in Taiwan

SHU-CHUAN LEE¹ AND SHU-MEI TANG^{2,*}

¹ School of Medical Laboratory and Biotechnology, Chung Shan Medical University, Taiwan

² Department of Financial and Economical Laws, Asia University, Taiwan

ABSTRACT

Nanotechnology, widely hailed as one of the most important industries of the 21st century, is ranked alongside biotechnology and information technology as the three major forces in the millennium's technological development. Taiwan's national nanotechnology program, has a total budget of NT\$19.2 billion allocated for 2002 to 2007 for the purpose of developing Taiwan's "Nanotechnology." In the light that nanotechnology is poised to bring society a new wave of industrial and technological revolution, the research of nanotechnology calls for more than the research of rudimentary science and technological applications, but rather broaching the science with broad-based, systematic thinking. With that, this study recognizes that when Taiwan is producing a large scale investment on the research and development of nanotechnology, it is prudent to conduct a relevant study on its legal, environmental and human health impacts that are conducive to upholding the spirit of overall social applications. In the absence of any application harm of the nanotechnology at present, it is imperative to seek adequate development and countermeasure to contain the potential hazard of nanotechnology, and thus help to map out a comprehensive nanotechnology development environment. On the other hand, with regard to whether nanotechnology applications should be regulated to avoid the so-called wealthy men's technology, it is our opinions that while actively promoting nanotechnology, it is prudent for the Taiwan government to regulate the issue of the division of intellectual property rights on nanotechnology so to avoid profiting the conglomerates and ignoring the equity of all people. It would also be advisable for the government to regulate the issue of nanotechnology product marketing by facilitating the monitoring of the value of nano products, which would help to contain irregular market profiting, better protect the general public, and allow us to enjoy the fruits of the technology. As to the many products saturating the market that proclaim to be nanotechnology products, there is a need to draft a set of regulatory guidelines, similar to the "Nano insignia" system soon to be introduced locally, to better protect the consumer's equity.

Key words: nanotechnology, national nanotechnology program, potential risk, nano insignia.

論我國奈米科技潛在風險之法律規範

李淑娟¹、唐淑美^{2,*}

¹ 中山醫學大學醫學檢驗暨生物技術學系

² 亞洲大學財經法律學系

摘要

「奈米科技」被公認為二十一世紀最重要的產業之一，與生物科技、資訊科技並列為本世紀科技發展三個主要方向。我國的奈米國家型科技計畫(National Nanotechnology Program, 簡寫為 NNP), 從 2002 年開始至 2007 年, 共編列 192 億新台幣預算, 用以發展臺灣的「奈米科技」。鑑於「奈米科技」將為人類社會帶來新的一波產業、與技術革命, 「奈米科技」之研究、投資,

* Corresponding author. E-mail: tangshumei@asia.edu.tw

恐怕將不僅止於基礎科學與技術應用之研究，而需要有更全面性、制度性的思考。因而本文認為我國在大舉投資「奈米科技」研發之同時，亦應秉持技術發展，應有益於社會整體應用之精神，進行相關之法律、環境、人體健康影響之研究。在目前無法明確指出「奈米科技」的應用危害時，則應在「奈米科技」潛在危險的控制上，妥為規劃與因應，以建構完善的「奈米科技」技術發展環境。而另一方面，對於「奈米科技」的應用，是否應規範以避免成為所謂的富人科技，吾人認為我國政府積極推動「奈米科技」的同時，除應規範「奈米材料」的潛在風險，同時也應該規範「奈米產品」的商品市場相關問題，協助監督「奈米產品」的價值，避免市場的暴利，以保護一般大眾都能享受這項科技所帶來的利益。而對於目前充斥在市面上的許多號稱「奈米科技」產品，應訂定一個管理規範，一如國內所將推行的「奈米標章」制度，以保障消費者的權益。

關鍵字：奈米科技、奈米國家型科技計畫、潛在風險、奈米標章。

壹、緒論

「奈米科技」被公認為二十一世紀最重要的產業之一，與生物科技、資訊科技並列為本世紀科技發展三個主要方向。「奈米科技」涵蓋領域甚廣，從基礎科學橫跨至應用科學，包括物理、化學、材料、光電、生物及醫藥等，從一般消費性產品，到尖端的高科技領域，都能找到與「奈米科技」相關的研究與應用。奈米技術為通訊、能源、醫藥、環保、食品等諸多領域帶來新的變革，大大改善我們的生活品質。因此，目前世界各國競相投注大量的人力與資金，進行相關的研究開發與應用。

美國在2003年十二月，總統布希(George Bush)簽署「二十一世紀奈米科技發展研究法」的聯邦研發法，未來4年內將投入37億美金在「奈米科技」研發工作上(Senate Committee on Commerce, Science, and Transportation, 2003)。事實上，在2000年時，美國總統柯林頓(Bill Clinton)就已經宣佈，成立所謂「國家奈米計畫」(National Nanotech Initiative)，美國政府已經投入大約20億美元，在奈米技術的計畫上。雖然美國是倡導自由經濟的國家，但是在「奈米科技」的蓬勃發展的今日以及可預見「奈米科技」所將帶來的無限商機之情況下，美國政府也毫不猶豫的積極地投入大量資金，以期如其以往在生物技術上的先占優勢，也取得在「奈米科技」技術上的領先地位。除了美國外，無論是歐盟各國或在亞洲各國，包括：日本、韓國、大陸、以及我國等，也都投入了大量資金在「奈米科技」產業上，加入這一波產業革命前的先驅研究工作上，顯示出「奈米科技」對於未來產業的重要性及其所扮演策略角色的地位。

我國的奈米國家型科技計畫(National Nanotechnology Program; NNP)，從2002年開始至2007年，共編列192億新台幣預算，用以發展臺灣的「奈米科技」，奈米國家型科技計畫同時也推動學術卓越計畫，包括有：(1)奈米結構物理、化學與生物特性之基礎研究；(2)奈米材料之合成、組裝與製程研究；(3)奈米尺度探測與操控技術之研發；(4)特定功能奈米元件、連線、介面與系統之設計與製造；(5)微/奈米尖端機械與微機電技術發展；(6)奈米生物技術等。奈米國家型科技計畫在產業化技術分項計畫有：(1)奈米材料與製程技術；(2)奈米電子技術；(3)奈米顯示器材料與元件技術；(4)奈米光通訊技術；(5)奈米構裝技術；(6)奈米儲存技術；(7)奈米能源應用技術；(8)基礎產業奈米應用技術；(9)奈米生技應用技術等9項(奈米國家型科技計畫辦公室，2006；宋大崙，2004)。我國「奈米科技」的發展，就是希望藉由奈米國家型科技計畫整合產、學、研力量，建立台灣發展「奈米科技」所需的學術卓越、產業化奈米平臺技術、核心設施建置與分享運用、加速培育「奈米科技」所需人才等四大方向。並且利用「奈米科技」帶來之創新、和台灣在高科技製造業累積之優勢，以及

在學術機構長期建立之研發能量，開創以技術創新、智權創造為核心之高附加價值知識型產業。並因為「奈米科技」之注入，帶來新的機會，使「奈米科技」產業全面發展之時，將「奈米科技」的研發，轉換成為商品，進而產生具體經濟成效。除此之外，來自包括：經濟部、國科會、教育部、原委會、環保署等跨部會單位的預算，也投注在「奈米科技」的發展上，顯示我國對「奈米科技」的重視。

奈米國家型科技計畫在我國政府與民間共同的努力下，臺灣「奈米科技」將一如過去資訊、電子、及光學產業的發展一般，我國將具備成功的潛力。在「奈米科技」的應用與商品化方面，我國將成為防銹塗料、保養品、化妝品、網球拍、外傷敷料、奈米藥物及診斷用品等日常用品，另外如微記憶晶片、蛋白晶片、能量儲存電池、面板、以及「奈米材料」等的工業、或高科技產品的主要生產地。經濟部預估在 2008 年，台灣相關產業運用奈米技術的產值將達新台幣 3,000 億元以上，衍生產值約為新台幣 9,357 億元。

然而，鑑於「奈米科技」將為人類社會帶來新的一波產業與技術革命，「奈米科技」之研究、投資，恐怕將不僅止於基礎科學與技術應用之研究，而需要有更全面性、制度性的思考。尤其「奈米科技」雖具有許多優點，但伴隨而來亦有其潛在之風險。因而我國在大舉投資「奈米科技」研發之同時，亦應秉持技術發展應有益於社會整體應用之精神，進行相關之法律、環境、人體健康影響之研究。因此，對於我國應如何針對「奈米科技」之潛在風險，制定相關法律加以規範，是為此篇論文之研究重點。

貳、「奈米科技」之定義

由於「奈米科技」(Nanotechnologies)的涵蓋範圍太大，所包含的技術種類太多、所使用的工具複雜、且所潛在的應用範圍極廣，因此，關於「奈米科技」的定義目前尚無完整的定論(The Royal Society and The Royal Academy of Engineering, 2004)，但就字面上的定義而言，「奈米科技」，乃是應用奈米(Nanometer)尺寸物質的一種應用科學。奈米(nm)是一個長度的單位，一如微米(μm)都是屬於度量衡單位，其中 $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ m}$ ，而 $1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m}$ 。也就是說，一奈米等於十億分之一米(10^{-9} meter)，約為分子或 DNA 的大小。如果將地球直徑當作一公尺，那地球的十億分之一，大約是一個彈珠大小(牛頓雜誌編輯部, 2004)。但當材料尺度由微米到奈米時，其所代表的意義，並不僅只是物質尺寸的縮小而已，而材料本身獨特的物質特性亦隨之出現，這種物質稱為「奈米材料」(Nanomaterials)。

事實上，這許多「奈米材料」物理特性的改變，包括物質在奈米尺寸下所產生之量子效應(Quantum Effects)、分子相對表面積(Surface Area)的增加，以及所造成的部分電子運動與作用。因此，所謂的「奈米科技」，就是利用「奈米材料」在奈米尺寸下，所展現之特殊物理、化學、物質特性或現象，並藉由對原子、分子、超分子等級的操控能力，而將物質的原子、或分子，組合而成為具有新分子組織的較大結構，稱之為「奈米結構」。並且就這些「奈米結構」所具有新穎的物理、化學或生物的特性與現象為基礎，進而設計、製作、或重新組裝，成為新材料、器件或系統，產生全新的功能、或具備全新功能的物質，並加以利用的知識和技術(南台科技大學, 2006)。因此，「奈米科技」可以簡單地說，就是在奈米尺度下，經由對物質特性的瞭解、並探討這些特性與現象，進而控制並加以利用創造，藉由奈米尺寸下的材料、結構、建構裝置或系統的

一種科學技術(工業技術研究院奈米科技研發中心, 2003)。而「奈米科技」的最終目標, 則是依照需求, 並透過對於這些原子、分子在奈米尺度上表現出來的嶄新特性, 加以控制並製造出具有特定功能的產品。因此, 對於「奈米科技」的定義, 可以說是運用我們對奈米系統的瞭解, 將原子、或分子, 重新設計組合成新的奈米結構, 並以其為基本「建築磚塊」(Building Block), 加以製作、組裝成新的材料、元件(Devices)、或系統的相關技術(NanoScience 奈米科學網, 2006)。

誠如上所述, 在奈米的範圍下(1~100nm), 許多物質的現象都將改變, 例如質量可能變輕、相對表面積可能增高、表面曲度可能變大、甚或熱導度、導電性的明顯變高等, 因而可以衍生了許多新的應用。因此, 「奈米科技」就是採用各種技術, 將物質的材料、成份、介面等結構控制在 1~100 nm 的大小範圍, 改變物質的特性, 觀測「奈米結構」物質的物理、化學、與生物性質等的變化, 用以應用在產業, 以產生新的應用。雖然「奈米科技」是一個在二十世紀所產生的新名詞, 然而「奈米效應」、與現象, 長久以來即存在於大自然環境中, 而並非全然是現今新科技產物。例如: 蜜蜂利用體內所存在具磁性的「奈米」粒子, 當作飛行方向的羅盤, 而使得蜜蜂的飛行具備有導航的能力; 另一方面, 古人所常說的「蓮花之出汗泥而不染」, 也是存在自然界的一種的「奈米效應」。當水滴滴在蓮花的葉片上, 形成晶瑩剔透的圓形水珠, 但不會攤平在葉片上的現象, 這是由於蓮花葉片表面的「奈米」結構所造成, 荷葉表面肉眼看起來很平滑, 但從奈米尺度來看, 它是凹凸不平的, 也由於這種特性, 使得水滴不易散布在荷葉表面。由於蓮花的葉片表面不沾水滴, 污垢自然隨著水滴從表面滑落。而經由對這種蓮花葉片「奈米結構」所產生的蓮花效應(Lotus Effect)的研究, 已被應用在商業用途, 並被應用在環保塗料上(工業技術研究院, 2002)。因此, 「奈米科技」實際上也是由於人類科技發展, 由於對於自然現象的進一步瞭解, 所衍生的一門新興科技。

叁、「奈米科技」之潛在風險

奈米顆粒由於極度微小化, 因而造成材料之物理、化學性質發生變化。研究發現, 奈米等級的微粒, 因為微小化而使表面活性有所變化, 也可能因此而具有毒性, 在某些狀況下接觸、或吸入的話, 可能對健康有所危害。因此, 「奈米科技」縱使具備有相當廣泛的應用價值, 但的確存在相當的潛在危險因素。而奈米粒子亦可能被釋放於水裡、或空氣中, 也可能因此造成環境的污染。另一方面, 隨著奈米技術的不斷研發, 「奈米科技」對於經濟、及政治的影響, 及對一般大眾的教育、隱私權的保護、公眾信任與資訊透明等與社會倫理相關的問題, 也是必須加以重視(Economic & Social Research Council, 2003)。

一、「奈米科技」對健康之影響

(一)奈米微粒對肺部之傷害

「奈米科技」對於健康的危害, 最直接讓人聯想的是, 吸入奈米微粒對身體所產生的傷害。由於奈米微粒尺寸小, 且具備一些不同的物理、化學特性, 更由於奈米粒子, 遠較一般物質, 具備有更高的反應活性(簡慧卿, 2004)。因此, 一般相信奈米微粒, 可以經由肺部吸收, 進而可能造成身體健康的問題。對於這方面的研究, 就曾有研究報告(Brown, Stone, Findlay, MacNee, &

Donaldson, 2000; Wilson, Lightbody, Donaldson, Sales, & Stone, 2002)指出,若將黑炭(Carbon Black)注入大鼠肺部,會引起發炎反應,而奈米微粒大小的黑炭,則較同材料、等重的大分子黑炭,更容易引起大鼠發炎反應。分析其發炎反應的原因,除了所注入奈米微粒的總面積更大而引發更全面的發炎反應;也有報導指出,部分奈米微粒尺寸過小(<20nm),因此激起全面的免疫反應(Cheng, 2004),但是否這些免疫反應,與肺部發炎有直接的關係,則須進一步的研究才可以釐清。而另一方面,也可能由於黑炭奈米微粒與體內金屬離子反應,進而在體內造成毒性刺激物反應,而引發更劇烈的發炎反應所致。因此,在這項研究的結論中明確的指出,肺部暴露在等量的大分子、或奈米微粒中,奈米微粒使肺部發炎的機率較後者為高(Hogan, 2003),亦即,奈米微粒具有較高的毒性。

台灣大學鄭尊仁教授亦曾對老鼠進行奈米微粒心肺毒性試驗,根據實驗結果指出:奈米微粒細小到可穿透血管引起肺炎,體內氧化壓力指標亦可能隨之上升。相關研究證實包括癌症、心血管疾病、帕金森氏症等的發生,均與氧化壓力指標升高有關(民生報, 2004)。

(二)奈米微粒對腦部的傷害

美國Rochester大學教授Gunter Oberdorster等人曾進行動物吸入奈米微粒對肺的影響,根據其所發表的研究報告(Oberdorster et al., 2004)指出,若將大鼠暴露在奈米微粒環境中,吸入奈米微粒 C-13 六個鐘頭之久,剛開始時,大鼠肺部中的 C-13 會增加,但之後會減少;不過他們追蹤奈米微粒的行進路徑,卻發現大鼠腦部的嗅球(Olfactory Bulb),也出現奈米微粒,且其數量持續增加。這些研究結果顯示,奈米微粒可以透過肺臟進入腦部。儘管吸入過多奈米微粒,對人體所可能的傷害尚未完全證實,但科學家相信堆積於人體內的奈米微粒,可能導致腦部傷害及中樞神經病變。

(三)奈米微粒在血液中造成血栓

在2002年發表的一份研究報告中,Nemmar A.等人,曾做過一份具輻射特性奈米碳球的微量暴露試驗。在這個研究中發現,當受試者暴露,並吸入微量名為 99mTc 的奈米碳球後。在很短的時間內,即可偵測到受試者血液中,的確有微量的奈米碳球會進入血液之中。這項研究結果,說明奈米微粒可以自肺部吸入後,並由於其微粒的特性,因此而進入血液中。而Nemmar的另一份關於研究奈米微粒與黃金鼠血栓的關聯性實驗中,也發現一旦黃金鼠吸入聚苯乙烯粒(Polystyrene Beads),的確可能導致血栓形成。因此,奈米微粒是可能自肺部吸收,並進入血液循環中。至於是否會造成對人體致命性的毒害,甚至造成心血管的疾病(Malinski, 2005),可能還需進一步的實驗證實。但可想見的,在當吸入部分有害的奈米微粒時,對於身體的傷害應是無庸置疑的了(Nemmar, Hoylaerts, Hoet, & Nemery, 2004)。

(四)奈米微粒可由皮膚進入人體內

另外,奈米微粒也可能透過皮膚,而吸收進入人體。這些對人體毒性的考量,主要是針對奈米化妝品、奈米防曬乳液、與相關皮膚用藥等而來的。對於奈米微粒是否會經由皮膚吸收,進入人體,雖然目前仍無確切的論證。但一般相信,一旦奈米微粒經由皮膚進入體內,這些奈米化妝品、奈米防曬乳液、與奈米皮膚藥物等,將可能增加產生氫氧自由基(Hydroxyl Radicals)的風險,而導致體內局部、甚至造成身體全面性的氧化攻擊(Oxidative Attacks),而造成身體的傷害。而氫氧自由基的攻擊,也可能引發DNA破壞的問題,甚至將導

致癌症的發生(Hogan, 2003)。但截至目前為止，對於經由皮膚吸收奈米微粒，所引發的毒性問題，仍未有確切的定論。但根據歐盟所屬化妝品、與非食品科學委員會(Scientific Committee on Cosmetic Products and Non-food products; SCCNFP)，對奈米防曬乳液所使用之 TiO_2 的研究結論，認為在目前工業界所使用的 TiO_2 大小、包覆型或未包覆型、防水或親水性的 TiO_2 仍是安全無慮的。不過要求工業界，在使用奈米級的 TiO_2 時，仍應就其毒性可能，進行進一步的測試試驗，以便有效規範它的安全問題(Brown et al., 2000)。

除此之外，也有研究顯示(Wootliff, 2004)，一些奈米微粒，如金的奈米微粒等，也有可能經由胎盤，而傳遞給胎兒。因此，假如奈米微粒污染環境，所有生物似乎無法避免，將受到奈米微粒的影響。

二、「奈米科技」對環境之影響

「奈米科技」對環境的影響，應從兩方面來討論。其中，由於「奈米科技」的應用，讓我們減少對自然的破壞。同時，由於「奈米科技」的應用，讓我們可以充分回收資源，以及降低環境中的毒性污染物質。但同樣的，「奈米科技」的應用，也有可能對環境造成影響。這些影響主要是直接與奈米微粒有關，或是經由奈米微粒所製造的產品有關。譬如說，在實驗室中發現，奈米微粒可能具備有攜帶毒性物質的能力、有機物質、或攜帶病毒。這可能造成對環境的破壞、或對人類的傷害。

關於一般對「奈米科技」在環境之影響，主要是針對「奈米科技」在可預見的未來，將被大量的應用在各種不同的用途上，因此經由「奈米科技」的運用、與散佈，而使得奈米微粒可能將不免被釋放於水裡、或空氣中，因而毒化土壤、及地下水。譬如：若某些奈米微粒進入地下水，即便本身並不具毒性，但由於奈米微粒具備有較高的反應活性、奈米微粒也具備能使原本無法混合的金屬混合而成合金，因此、透過與其他微粒的交互作用，甚至或產生一些化學變化，則也有可能造成對環境的傷害。因此，部分環保人士擔憂，一旦形成這種具毒性的奈米微粒，這些毒性的奈米微粒經由動、植物的吸收，終將進入食物鏈。也許初期僅對動、植物造成損害，但長久以往，終究將造成人體健康的問題(The Royal Society and The Royal Academy of Engineering, 2003)。不過，目前關於這方面的疑慮，仍停留在懷疑階段，尚無直接的證據顯示「奈米材料」微粒子，可能對於環境的直接污染、以及間接對於人類所造成的傷害。正如有部分對於「奈米科技」存疑的人士所提，雖然目前雖無「奈米科技」對於環境直接危害的證據，但並不意味「奈米科技」對於環境不會造成危害(Salazar, 2004)。但目前對於環境的污染的相關風險評估，尚未完全建立、或排除，「奈米材料」微粒子，對於環境的污染的可能性。因此，仍有賴後續測試及研究，方能進一步瞭解「奈米科技」對環境之影響。

肆、「奈米科技」於我國之現有規範

對於潛在風險之防範，特別是法律的規範問題，是一個相當吊詭的問題(Reaney, 2004)。主要的原因是，截至目前為止，沒有任何的直接證據，能指出「奈米科技」及相關應用的真正危險所在。但一如反對人士所提的，「沒有找到證據，並不是代表沒有證據」。另一方面，目前各國都在積極發展「奈米科技」，而各國也都不願意在這場科技競賽中落後。因此，若訂定太嚴苛的法

律規範，將會使投資者卻步，也將使「奈米科技」研究發展工作受到限制。有鑑於此，在英美等國均主張，在既有法律體系中，尋求因應管理對策，因而尚未針對「奈米科技」訂定相關專屬法律。例如：在美國政府於 2005 年 5 月最新發表之「奈米科技」的五年期發展計畫報告(The National Nanotechnology Initiative at Five Years: Assessment and Recommendations of the National Nanotechnology Advisory Panel)中明白表示(President's Council of Advisors on Science and Technology, 2005)，對於「奈米科技」的規範，現有的法規，已足保護公眾及環境，惟仍鼓勵法制部門共同努力，以確保法制政策立足於最新科學。而英國政府在 2005 年 2 月發表之回應報告(Response to the Royal Society and the Royal Academy of Engineering Report)中也採取相同立場(The Royal Society, 2005)，認為既有法規，只要能適當的採用，應足以控管所有「奈米科技」可能涉及的風險管理，因此，沒有另立法規的必要。而對於「奈米科技」之規範，大略可分為針對「奈米材料」的規範、「奈米產品」的規範以及「奈米標章制度之規範」。

一、「奈米材料」的規範

一如美國與英國的現況，目前我國主要以「勞工安全衛生法」、「毒性化學物質管理法」、及其相關子法，而對「奈米材料」產業加以規範。其中，這些相關的規定，涵蓋安全衛生設施提供、安全衛生管理、以及監督、與檢查等方面。因此，針對「奈米材料」之潛在風險，已具有初步對應方針，應可對研發人員之安全、與健康，建立一定程度之保護作用。茲就相關的規範以及「奈米材料」產業所可能適用的法規，分述如下：

(一)勞工安全衛生法

我國的「勞工安全衛生法」之立法目的，最主要是保障職業勞工之健康與工作上之安全、防止職業災害之發生，因此該法課以雇主應善盡保護勞工之義務。而依該法第二條之規定，所稱之勞工，是指受雇從事工作獲得工資者；所稱之雇主，是指事業主或事業之經營負責人。該法課以雇主的之義務如下：(1)提供安全設備必要措施及防護設備：雇主必須提供符合標準的必要安全設備、進行完善規劃及採取必要措施，此外並應提供符合標準的個人防護機械器具。(2)設法標示及減少工作場所中的危險：針對工作場所中可能產生的危險，本法規定雇主應依規定實施作業環境測定，對於危險物及有害物應予標示，並註明必要的安全衛生注意事項，對於具有危險性的機械或設備，非經檢查機構、或經指定的代行檢查機構檢查合格者，不得使用。當工作場所有發生立即危險之虞時，則應即令停止作業，並使勞工退避到安全場所。(3)對員工進行健康檢查：雇主於雇用勞工時，應實施體格檢查，對在職勞工應實行定期健康檢查。其中從事特別危害健康之作業者，另應定期施行特定項目之健康檢查，並建立健康手冊發給勞工。經由體格檢查，若發現應雇勞工不適於從事某種工作時，不得雇用其從事該項工作。若健康檢查發現，勞工因職業原因，致不能適應原有工作時，除予醫療外，並應變更其作業場所、更換其工作、縮短其工作時間、以及其他適當措施之處治。(4)提供資訊教育及訓練：雇主對勞工應施以從事工作、及預防災變所必要之安全衛生教育、訓練，而勞工具有接受之義務。此外，雇主應負責宣導本法、及有關安全衛生之規定，使員工周知，違反者，可處新台幣三萬元以上六萬元以下罰鍰。亦即，雇主應盡義務如下：(1)提供安全衛生設備、必要措施及防護設備；(2)作業環境安全測試及進行必要

之標示；(3)危險性機械或設備之檢查及立即停止危險作業；(4)對員工進行定期健康檢查及禁止雇用檢查後不適之勞工；(5)對員工進行安全衛生教育、訓練及宣導有關安全衛生之規定。

(二)毒性化學物質管理法

在探討奈米物質應用時，另一個規範上可資借力的管理規範，就是我國既有的「毒性化學物質管理法」。「毒性化學物質管理法」的立法理由，在於：避免毒性化學物質運作事項之疏忽，而污染環境或人體健康。該法之規範角度從「環境」與「人身」兩方面著手：對於人體有傷害之虞者，該法加以防制；對於環境有污染之虞者，該法加以控制。

依「毒性化學物質管理法」第二條第一款規定，所謂毒性化學物質，指人為產製或於產製過程中衍生之化學物質，經中央主管公告者。「毒性化學物質管理法」依毒性化學物質，對環境、以及人身健康，所可能造成的危害嚴重與立即程度，將毒性化學物質區分為第一、二、三、或第四類毒性化學物質四類，並有不同的管理方法。第一、二、三類的毒性化學物質，明顯地對環境、或人身有害，中央主管機關得限制、或禁止其有關之運作。所規範的第四類毒性化學物質，為疑似毒性化學物質、或毒性雖已確定，但運作狀態尚不明確之化學物質；前者因其對人體、或環境之危害尚不確定，需要對該物質再做更深入之研究，後者則因運作狀態不明確，故需先行蒐集運作之資訊，以為後續管理規定之參考，故其管理目的，係在不影響現存運作下，加強蒐集該物質之毒理、運作、流佈、及暴露等有關資料，並藉而警示運作人員，應小心運作該化學物質。由於如此，第四類毒性化學物質之管理，僅止於在不影響既存運作下，加強蒐集該物質毒理、及運作狀況(運作、及釋放量記錄)之資料，以為後續管理規定之參考，而不適用該法大多數之規定。

綜上，「毒性化學物質管理法」之規範極具彈性，管理標的可按需要調整，管理之運作行為多樣，管理方式也具變化可能。因此，只要有足夠的證據可以支持，某些物質的奈米微粒可能具有毒性，此等(奈米等級的)物質(以及其應用行為)，就可經由中央主管機關的公告，納入毒性化學物質分類管理的體系架構。問題在於，我們要將之歸於哪一類毒性物質，接受哪一個層級管理；而這個問題，應該繫之於現有奈米微粒毒理研究，及其所能提供的證明強度(是否真有毒性)、與範圍(有什麼樣的毒性)為判斷的標準。不過，技術上的困難是，除非我們可以確定，物質只要是奈米微粒型態，就具有毒性；否則，我們就需要從頭就各種(本不具毒性之)化學物質的奈米化，一一確定其可能毒性，再視狀況加以公告分類，而這應該會耗費極其長久的時間方能完成；然而科技發展恐怕是不等人的，在未公告之前，奈米技術的研究者、與奈米技術的應用者，都可能因為無所規範，而暴露於健康危害的風險中。

二、「奈米產品」的規範

各國無論是對此「奈米物質」本身、或是其操作的場地，均以現行的法規定訂有管理規範的原則。然而，對於「奈米產品」的控管規定，則應屬於風險管控的第二道防線，因為「奈米產品」的本身所可能產生的毒性，可能遠低於在製造過程中所出現的奈米微粒。也如前所述及，奈米科技較常應用於化學物質、消費產品(包括化妝品、食品等)、及醫藥品等領域，故有必要檢視各該領域之規範，有無修訂、或調整之必要。

(一)化學領域的「奈米產品」

就化學物質領域之應用而言，目前化學工廠為主要製造者，就現今而言，奈米級化學物質，可能僅佔所有化學物質的極小比例，但未來幾年內應可望增加。因此，就相關規範而言，仍有持續關注之必要。其中，最主要爭點在於「以奈米粒子形式製造的既存物質」，究竟屬於既存物質、或新種物質？其區別實益在於新種物質，則必須歷經更為嚴格的測試、及風險評估。質言之，在新種物質創造之後，推出市場之前，製造人應進行更多測試，且盡可能採取嚴密的預防措施。就形式觀之，以奈米粒子形式製造的既存物質，在成份上雖同於既存物質，但科學證據皆顯示，奈米粒子比其他較大形式的相同成份，往往具有不同的特性，甚或毒性，故似不宜與既存物質等量齊觀。據此，2003年英國皇家學院及皇家工程學會於報告中，建議將奈米粒子、或奈米管形式的化學物質，定位為新種物質，受「新種物質公告(Notification of New Substance, NONS)」及「化學物質登記評估授權及限制規則(Authorisation and Restriction of Chemicals, REACH)」的嚴格規範。關於此點，英國政府於2005年2月正式提出的回應報告中，明確採納上述見解(即同意尺寸對於物質特性具有關鍵性影響，因而有必要檢視既有法規之適當性)。不過，對於研擬中之REACH所設之數量門檻，則仍存有疑義。因為在奈米物質製造、或交易的情形中，往往未達該規定所定門檻，能否適用該法的管制措施，實有疑問。再者，是否應調低門檻，以將奈米物質的情形納入適用，亦有待斟酌。

目前我國就化學領域的奈米產品規範而言，較可能以「毒性化學物質管理法」進行管制，而如前「奈米材料」所述，特定奈米物質或奈米粒子，須先經中央主管機關公告為「毒性化學物質」，才可適用該法的相關措施。依毒性化學物質可能對環境造、人身健康造成的危害程度，將毒性化學物質區分四類。「奈米材料」至多應屬於該法所規範的第四類毒性化學物質，也就是為疑似毒性化學物質、或毒性雖已確定，但運作狀態尚不明確之化學物質。故其管理，應加強蒐集「奈米產品」之毒理、運作、流佈、及暴露等相關資料，並藉由警告標示對相關運作及使用人員，小心運作該等奈米化學產品，而非採取強制限制或禁止措施。但為確保「奈米產品」對環境、及人體健康之安全，仍有必要對「奈米產品」作更精緻及明確之規範。

(二)其他領域的「奈米產品」

以化妝品領域而言，目前頗為熱門的奈米級TiO₂所作成的防曬乳液，如前所述，根據目前研究指出，奈米級防曬乳液所使用之TiO₂，其安全性是無慮的。但奈米級化妝品，因奈米顆粒小，易穿透皮膚進入體內，因而具有較高的潛在危險性，亦是不爭之事實。針對奈米級的化妝品管制，英國皇家學院及皇家工程學會更提出若干建議：(1)必須經歷完全的安全測試(Full Safety Assessment)：由於以較大形態化學物質為基礎所進行的測試，不得用以推論同樣物質，在奈米粒子形態下的安全性；因此，任何含有奈米粒子的成份，在做為產品應用之前，均應由相關科學團體，進行完全的安全測試。(2)增添足夠的商品標示：在添加奈米粒子的消費產品中，製造人應在產品明細中加以標示，以使消費者有知悉的機會。(3)賦予企業資訊揭示義務：奈米物質、與其風險間之關聯性，研發機構、或企業間最知悉。因此，建議企業應適當提出、或揭露相關資訊，以協同主管機關表示意見、或制定有效規範；此外，並建議企業在對含有奈米粒子的商品進行檢測時，應公開檢測方法的相關細節，以闡明確已將奈米物質的特性考量在內。

依我國「化妝品衛生管理條例」之規定，化妝品管理分為兩類，一為含有醫療及毒劇藥品化妝品（簡稱含藥化妝品）。一為未含有醫療及毒劇藥品化妝品（簡稱一般化妝品）。一般化妝品保養品，大多只能建構皮膚表面之保養而無法深入肌膚裡層，而含藥化妝保養品卻是利用保養成份，深入皮膚深層，去改善皮膚的健康度，調整黑色素生成、甚至刺激真皮組織的增生，因而對於含藥化妝品是必須要採取較嚴格之管制措施。而奈米級化妝品，亦因顆粒細小，易穿透皮膚進入體內，故而奈米級化妝品似應歸類為「含醫療或毒劇化妝品」，採取較「不含醫療或毒劇化妝品」為嚴格管制手段，以確保消費者之健康。亦即廠商在申請製造時，依「化妝品衛生管理條例」第十六之規定，應提出有關證件及化驗報告書申請衛生主管機關查驗，經核准發給許可證後始得製造。製造許可證有效期間為五年，若未經許可而製造者，依該法第二十七條之規定，處一年以下有期徒刑或科或併科新臺幣十五萬元以下罰金。主管機關並得赴各廠商抽查或檢查。但如何更精確的界定奈米化妝品，以確保對人體的健康最佳的規範，則必須仰賴政府、學界、與民間業界的共同努力協助。至於「奈米科技」在其他領域的應用，譬如應用在健康食品領域，目前台灣較可能以現有之健康食品管理法規範之。

三、「奈米標章制度」之規範

為了保護消費者權益，避免假「奈米產品」之名，對消費者造成混淆及保障優良廠商永續經營，提升台灣奈米產品之國際競爭力，經濟部工業局特別委託工業技術研究院推動「奈米產品驗證體系」。據此，業者可循奈米級產品驗證規範，申請各該相關產品之奈米標章。目前已有奈米級光觸媒脫臭塗料驗證規範草案、奈米級光觸媒抗菌陶瓷面磚驗證規範草案、奈米光觸媒抗菌燈管驗證規範草案。九十四年四月「奈米標章技術委員會」第二次會議通過，增加奈米耐磨PU合成皮、奈米脫臭窗簾、奈米自潔陶瓷面磚、奈米防汙塗料、奈米防汙馬桶等多項奈米產品為第二波開放申請之規劃項目。

奈米產品驗證制度主要目的，在於保障消費者權益，以促進國內奈米產業發展。由此可知，奈米標章制度乃欲建立一套識別標誌，方便使用者辨別，並非具有(法律)強制意義的檢驗、或驗證制度，只對於積極申請者有規範效應；比較接近「產品品質保證制度」，而非「技術危險控管制度」(經濟部工業局奈米標章網站，2006)。

伍、立法建議

在亞洲地區中，台灣在推動「奈米科技」產業上，算是相當積極的國家。除了挾帶著過去在資訊產業的成功經驗，大量的引進「奈米科技」，希望能在現有的基礎上，提升現有我國經濟的優勢。因此，無論民間、與政府，均投注大量的人力、物力，在「奈米科技」產業的研發、與應用工作之上。特別是，台灣是屬於島型國家，因此出口經濟，將會是台灣商業的主流。也因此不可避免的，台灣必須搶搭「奈米科技」的風潮，以滿足本身的需求。因而在可預見的將來，「奈米科技」在台灣的蓬勃發展，將是不可避免的趨勢。但如何確保台灣「奈米科技」的發展，以及如何確立台灣的「奈米產品」商品化，目前仍在初期規劃階段。有鑑於此，對於我國未來針對「奈米科技」的可能規範，提出以下幾點建議：

一、針對「奈米材料」部分

針對「奈米材料」產業工作場所的安全，台灣目前主要以「勞工安全衛生法」、及其相關子法而加以規範。相關的規定，包括安全衛生設施提供、安全衛生管理、以及監督、與檢查等方面。針對「奈米科技」之潛在風險，已經具備初步對應措施規定。但如前所述及，「勞工安全衛生法」保護的對象，僅限於受雇從事工作且獲致工資者，並不包括其他非受雇合約人員。因此，「勞工安全衛生法」保護的範圍過窄，在這方面，建議參考英國「有害物質管理規則(The Control of Substances Hazardous to Health Regulations 2002; COSHH)」之立法精神，要求對有害物質暴露的完全封閉。(英國並無另立新法來規範「奈米材料」，主要仍以既有的「有害物質管理規則」，以管理有害物質的角度，來規範保障工作場所(workplace)、及實驗室的安全。另外，為確保實驗室安全，也訂定有「危險物質及可燃性氣體管理規則」(The Dangerous Substances and Explosive Atmospheres Regulations 2002; DSEAR)來控管實驗室之爆炸、或火災危機、及其因應之道)。英國的「有害物質管理規則」的保護對象，擴及於所有可能因雇主從事工作，而受有影響的人(無論是否為其員工)，可謂十分周到。所以我國實應立法擴大其保護範圍，對於包括：參與奈米科技之研究、與應用所涉及的製造、清理、處理、儲存、及運送之人員皆應列為保護之範疇。

另一方面，由於「奈米材料」的危害性，截至目前為止，尚無確切的定論，也許短時間的暴露，並不具備太大的毒性，但是一旦長時間的暴露、或經年累月的在「奈米材料」的工作環境下工作，也許會造成健康上的顧慮。在英國的「有害物質管理規則」的規範中，將這種監測延長到四十年以上，對於有效監控「奈米材料」的危害性，將是十分的重要。這方面的規範，亦可為我國將來立法時之參考依據。

應建立「奈米材料」相關實驗室、或技術工作場所的規範、或作業操作指導原則，以保障第一線的「奈米材料」技術研發與應用人員的工作安全，具備足夠的資訊、以及了解可能面臨的風險。據此，方能使所有參與「奈米材料」的人員，均能做好預防、以及危機發生時的應變準備，減少災害的可能發生。

二、針對「奈米產品」部分

(一)應制定有關「奈米產品」的檢測方法、和測試標準

為使「奈米產品」在規範下發展，我國目前應開始著手建立有關「奈米產品」的檢測方法、和測試標準(龔建華，2003)。特別是像工業研究院這些半官方的工業研發機構，已具備提供符合國際規範的檢測系統，可以提供「奈米科技」產業，在各方面，例如在環境安全方面，最具權威且符合國際標準的檢測服務。因此，我國目前應加快調整奈米產品之檢測的內容、及標準，當面臨未來世界各國對於「奈米產品」的國際規範下，亦能符合國際的規範，促進「奈米科技」產業與世界貿易的接軌。

(二)建置「奈米產品」的相關法規

建置「奈米產品」的相關法規，例如「奈米產品」的核定標準，將使得我國的「奈米產品」，能與國際競爭，促進「奈米科技」的進步與發展。而至於「奈米科技」法規方面，目前，我國尚未有「奈米產品」的法規。這一方面的工作，有待政府與民間共同努力推動。至於主導機構，應可由經濟部工業局、工業研究院、國家標準局、中科院、食品研究所、衛生署、國家衛生院、國科會、以及中央研究院等單位主導，並邀集國內各「奈米科技」領域的學術及產

業研究人員，共同研擬有關「奈米產品」的檢測標準、以及相關生產法規。並應同時訂定「奈米產品」的商業法規，以使得我國的「奈米產品」，得以具備國際化的標準，因而促進我國「奈米科技」產業的發展。

三、針對「奈米標章制度」部分

為鼓勵我國「奈米產品」的研發，同時也保障消費者權益，由我國經濟部工業局推動「奈米標章推行委員會」的奈米標章認證制度，已經開放「奈米產品」的驗證申請，也有數項產品經過檢測獲得認證資格。雖然對於未經「奈米產品驗證體系」驗證合格，卻宣稱奈米產品而上市之製造商，對於消費者因信賴其為奈米產品，而購買、使用並因而受有損害者，須對該消費者負民法第一百九十一條之一之商品製造人之侵權責任，或消費者保護法第七條之企業經營者之無過失責任，但這些對於消費者的保障，都是在損害發生之後，因此若能於產品上市前，就強制規定廠商必須通過「奈米產品驗證體系」才可上市，則對於消費者的保護，應是更周延的。另一方面，由於「奈米科技」產品的認證不易，舉凡物質的材料製造、物質的穩定性、毒性等均可能影響「奈米產品」的特性，也唯有推行認證制度才能確保消費者的安全。因此，除了在本國該建立完善且快速服務的檢測及研究中心，並提供「奈米科技」產業的快速認證服務外，對於積極推動奈米標章推行委員會及奈米標章制度的立法，以使奈米產品的上市可以受到有效的規範，將是刻不容緩的事。亦即，透過「奈米產品」驗證制度，除了保障消費者權益，促進國內奈米產業發展，亦可提昇國內奈米產業之水準。

陸、結論

「奈米科技」毫無疑問將會是二十一世紀最耀眼的科技產業，隨著「奈米技術」不斷的研發與創新，相關「奈米產品」的上市，「奈米科技」將不可避免的影響我們的生活。但如何善用這個科技，用以造福人類，以及建立一個安全、與完善的「奈米科技」發展空間，避免產生類似過去生物科技，對社會所造成的衝擊，這是在致力於「奈米科技」發展的同時，必須一併加以關心與注意的問題。

雖然，諸多的質疑與研究，對於「奈米科技」，是否將造成環境、或是人類健康的危害，目前尚無明確的定論。然而對於「奈米科技」之潛在危機的研究，已逐漸引起國際關注。因此，透過此等研究，可以在享受「奈米科技」所帶來龐大商機、以及「奈米產品」所帶來的生活品質改善的好處之餘，也能讓我們注意這種科技，所可能引發的潛在危機。也有鑑於「奈米科技」潛在危機之存在，部分環保團體，甚至起而呼籲暫停「奈米科技」之發展。為因應這種訴求，英國皇家學院與皇家工程學會則認為，與其支持此種不當杯葛，還不如信任政府，將盡速確保適當、有效之管理機制(European Commission Community Research, 2002)。特別是當目前對於「奈米科技」潛在危機仍不明確的今日，假如貿然立法限制，將使得「奈米科技」的發展受到限制。吾人以為，以目前的國際競爭情況看來，此種非理性也就是無科學論證的反對，將自絕於「奈米科技」的競爭行列，更有甚者，就是對「奈米科技」的應用將可能由公開而轉入非法的操作。就以生物科技中複製人的科技而言，在世界各國普遍認為，這項科技為不道德的行為，甚至在一些國家，明訂這類的研究屬於非

法的行為時，反而導致這些研究，假借第三地、甚至在法律管轄範圍外來執行。倘若一旦對於「奈米科技」的嚴格管控也建立相類似的法律，如此一來，也不免會造成「奈米科技」的研發，反而在法律的管轄外實施，甚至將會使得弱小國家、或是科技法律不進步的國家，淪為「奈米科技」的試驗場。而萬一「奈米科技」的確存在有對環境與人類的傷害時，是否反而將造成人類的災難，也使得「奈米科技」變成為國際上強凌弱的工具。因此，對於「奈米科技」潛在的危機，是應該制訂一定的規範管制，以免危機的發生。一如反對「奈米科技」的人士指稱「沒找到證據，並不表示沒有證據」的指控，為了全體人類的福祉，是應該正視「奈米科技」所潛在危機的問題。

然而，如何能讓世界各國都能了解「奈米科技」所潛在危機並能達成共識，這也不是件簡單的問題，特別是對於「奈米科技」，各國所投注的心力不同，各國在「奈米科技」的技術實力不同，以及各國對於「奈米科技」未來發展的期望不同。因此，若要達成國際社會的一致規範，目前似乎仍不容易。然而對於共同關切的問題，一如「奈米科技」所衍生出的問題，如具備複製能力的「奈米科技」，是否應當禁止這類研究的發展，雖然目前仍言之過早，也仍停留在科幻小說的情節，但隨著科技的發展，一旦成為可能之情形時，種種問題的產生，將會造成人類全體的災難。是否有必要予以國際規範的限制，也是值得吾人對於「奈米科技」發展所應深思的問題。

因此，在目前無法明確指出「奈米科技」的應用，是否會造成危害的今日，對於「奈米科技」的規範，應特別著重在生產、製造過程中的管理，以保障研發人員與操作人員的安全，同時也可以預防意外的發生。隨著「奈米科技」將進入商業化階段，我國除了致力於「奈米科技」的發展外，也需要在「奈米科技」潛在危險的控制上，妥為規劃與因應，以建構完善的「奈米科技」技術發展環境。為了保護「奈米科技」的健全發展、以及確保從事「奈米科技」技術研發人員、生產勞工、及消費者的健康與安全，舉凡奈米技術所涉及之人體健康、社會環境風險、甚至倫理道德等問題，應做一全面性、及制度性之探討。畢竟，「奈米科技」的政策，終究必須在可能的風險、和已知的效益之間取得平衡。

而另一方面，對於「奈米科技」的應用，是否應規範以免成為所謂的富人科技，對此，在政府積極的推動「奈米科技」的同時，也應規範「奈米科技」的知識產權的歸屬問題，以免造成圖利財團而忽視全民利益的情形，同時也應該規範「奈米科技」的商品市場相關問題，協助監督「奈米產品」的價值，避免市場的暴利，以保護一般大眾都能享受這項科技所帶來的利益。而對於「奈米產品」的標示，一如國內所將推行的「奈米標章」制度，對於消費者的使用決定權具備有保障作用，但這種「奈米標章」的制度，是採自願的方式登記檢驗，對於目前充斥在市面上的許多號稱「奈米科技」產品，似應訂定一個管理規範以保障消費者的權益。而另一方面，如美國對所謂「奈米產品」的管理，是以所謂 GMP 的規範，在這種規範底下，除非製造商透露商品具備有「奈米科技」的應用，事實上是無法加以管理，因此，如何制訂一套完善的管理辦法，其實可以依目前國內的現況，以「奈米標章」作為「奈米產品」成為上市商品的必要條件，也就是說，必須要杜絕不規範的「奈米產品」、以及假借「奈米產品」名稱的非「奈米產品」商品，如此一來，消費者的權益才能獲得保障。但這種規範的訂定，則需要政府機構與民間單位的通力合作才行，因為「奈米科技」是屬於一種跨學門的應用科學，其應用領域幾乎無所不包，因此靠單一機構完成完善的檢定，似乎是不大可能，唯有由政府委派的機構，結合各研究

發展，甚至產業界共同組成專家團隊，做為審訂「奈米標章」的技術諮詢單位，如此，方能使「奈米標章」的檢測，更能符合實際，也使得「奈米標章」不會流於形式。

參考文獻

- 工業技術研究院奈米科技研發中心(2003)。奈米國家型科技計畫。中華民國科學技術年鑑(九十二年版)，國科會自然處/工研院奈米科技研發中心整理。擷取於 2006 年 1 月 17 日自 <http://nano-taiwan.sinica.edu.tw/>
- 工業技術研究院(2002)。迎接奈米科技新世代-工研院成立奈米科技研發中心。擷取於 2006 年 1 月 17 日自 http://www.itri.org.tw/chi/news_events/feature/2002/fe-0910201-p3.jsp
- 牛頓雜誌編輯部(2004)。碳奈米管終於進入家庭。牛頓雜誌中文國際版，252，78-85。
- 民生報(2004)。奈米心肺毒性研究-可能衝擊人體健康。民生報 2004 年 7 月 19 日報導。
- 宋大崙(2004)。奈米科技路迢迢目前全球各國仍處研發階段。新電子科技雜誌，215(2)，65-70。
- 南台科技大學(2006)。教育部高工進修網站-微奈米技術。擷取於 2006 年 1 月 17 日自 http://elearning.stut.edu.tw/m_factory/Nanotech/Web/ch6.htm
- 奈米國家型科技計畫辦公室(2006)。奈米國家型科技計畫-計畫簡介。擷取於 2006 年 1 月 17 日自 <http://nano-taiwan.sinica.edu.tw/ProjectBig5.asp>
- 經濟部工業局奈米標章網站(2006)。奈米標章簡介。擷取於 2006 年 1 月 17 日自 <http://www.nanomark.itri.org.tw/>
- 簡慧卿(2004)。看不見的奈米危機。擷取於 2005 年 11 月 1 日自生醫知識網 <http://biomedical.itri.org.tw/news/newsDetail.aspx?no=215>
- 龔建華(2003)。你不可不知的奈米科技。台北市，台灣：世茂出版社。
- Brown, D. M., Stone, V., Findlay, P., MacNee, W., & Donaldson, K. (2000). Increased inflammation and intracellular calcium caused by ultrafine carbon black is independent of transition metals or other soluble components. *Occupational & Environmental Medicine*, 57(10), 685-691.
- Cheng, M. D. (2004). Effects of nanophase materials (< or = 20 nm) on biological responses. *Journal of Environmental Science and Health. Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental*. 39(10), 2691-705.
- Economic & Social Research Council (2003). *The Social and Economic Challenge of Nanotechnology*, Retrieved January 17, 2006, from <http://www.esrc.ac.uk>
- European Commission Community Research (2002). *The Sixth Framework Programme in brief*. Retrieved January 17, 2006, from http://europa.eu.int/comm/research/fp6/index_en.cfm?p=0_newsite
- Hogan, J. (2003). How safe is nanotech? Special Report on Nano Pollution, *New Scientist*, 177, 2388.
- Malinski, T. (2005). Understanding nitric oxide physiology in the heart: a nanomedical approach. *The American Journal of Cardiology*, 96(7B), 13i-24i.

- Nemmar, A., Hoylaerts, M. F., Hoet, P. H., & Nemery, B. (2004). Possible mechanisms of the cardiovascular effects of inhaled particles: systemic translocation and prothrombotic effects. *Toxicology Letters*, 149, 243-253.
- Nemmar, A., Hoet, P. H., Vanquickenborne, B., Dinsdale, D., Thomeer, M., & Hoylaerts, M. F. (2002). Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans. *Circulation*, 105, 411-414.
- Nemmar, A., Hoylaerts, M., Hort, P. H., Dinsdale, D., Smith, T., & Xu, H. et al. (2002). Ultrafine particles affect experimental thrombosis in an in vivo hamster model. *American Journal Respiratory and Critical Care Medicine*, 166(7), 998-1004.
- NanoScience 奈米科學網(2006)。奈米是啥米？What is Nano? 擷取於 2006 年 1 月 17 日自 <http://nano.nchc.org.tw/>
- Oberdorster, G., Sharp, Z., Atudorei, V., Elder, A., Gelein, R., & Kreyling, W. et al. (2004). Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. *Inhalation Toxicology*, 16, 453-459.
- President's Council of Advisors on Science and Technology (2005). *The National Nanotechnology Initiative at five years: Assessment and Recommendation of the National Nanotechnology Advisory Panel*. Retrieved January 17, 2006, from <http://www.ostp.gov/PCAST/PCASTreportFINALlores.pdf>
- Reaney, P. (2004). *Nanotech needs regulation*, Reuters New. Retrieved January 17, 2006, from <http://www.abc.net.au/science/news/stories/s1165524.htm>
- Salazar, J. (2004). *Nanotechnology Safety*, Earth & Sky. Retrieved January 17, 2006, from <http://www.earthsky.org/article/50666/nanotechnology-safety>
- Senate Committee on Commerce, Science, and Transportation (2003). *Twenty-First Century Nanotechnology Research and Development Act*. Retrieved January 17, 2006, from <http://www.Cbo.gov/showdoc.cfm index=4390&sequence=0>
- The Royal Society and The Royal Academy of Engineering (2003). *Nanotechnologies: Views of Scientists and Engineers*. Retrieved January 17, 2006, from <http://www.nanotec.org.uk/SEworkshopReport1.pdf>
- The Royal Society and The Royal Academy of Engineering (2004). *Nanoscience and Nanotechnologies Report, Chapter 2*. Retrieved January 17, 2006, from <http://www.raeng.org.uk/policy/reports/pdf/nanotech/chapter2.pdf>
- The Royal Society (2005). *Government commits to regulating nanotechnologies but will it deliver?* Retrieved January 17, 2006, from <http://www.royalsoc.ac.uk/news.asp?id=2976>
- Wilson, M. R., Lightbody, J. H., Donaldson, K., Sales, J., & Stone, V. (2002). Interactions between ultrafine particles and transition metals in vivo and in vitro. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 184(3), 172-179.
- Wootliff, B. (2004). *Nanoparticles might move from mom to fetus*, Small Times News. Retrieved January 17, 2006, from http://smalltimes.com/document_display.cfm?document_id=7223



李淑娟老師於 1991 年畢業於中山醫學大學醫事技術學系，隨即進入中山醫學大學附設孫中山紀念醫院檢驗科擔任醫檢師工作，1994 年升任檢驗科血液組組長。由於對於醫學與法律的興趣，李老師先後又進入中山醫學大學生物化學研究所及東海大學法律研究所就讀，並先後取得生化碩士及法學碩士雙學位。李老師目前受聘為中山醫學大學醫學檢驗暨生物技術學系講師，教授生技法規相關課程。



唐淑美老師於國內完成基礎醫學學士及生物科技之碩士後，深感科學證據於刑事證據法上的重要地位，乃遠赴英國攻讀有關英美法制當事人進行主義下的科學證據之證據能力，於完成英國法學博士學位後，嘗試利用所學進入科技法律的領域。唐教授目前受聘為亞洲大學專任老師，教授科技與法律相關課程，另外曾於國立清華大學以及東海大學兼任相關課程，唐教授嘗試建立科技的應用對於基本法制及基礎法理學的應有認知，由客觀的人權學說分析，進入到實際科技法律之探討，期望建立對科技與人權相關議題獨立思考的能力。